

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-064809  
 (43)Date of publication of application : 05.03.1999

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl. G02F 1/125

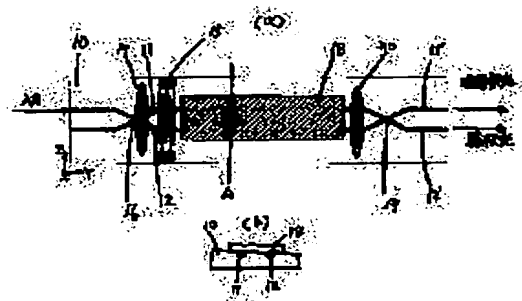
(21)Application number : 09-216050 (71)Applicant : FUJITSU LTD  
 (22)Date of filing : 11.08.1997 (72)Inventor : KIYONO MINORU  
 NAKAZAWA TADAO  
 TANIGUCHI SHINJI

(54) OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM USING OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To embody an efficient plane surface acoustic wave(SAW) waveguide and to increase the degree of freedom in design for control of filter characteristics by forming a thin film on the surface of a substrate and forming the substrate surface as a ridge structure.

SOLUTION: The transparent thin film 18 of SiO<sub>2</sub>, etc., is formed in approximately the same direction as the direction of optical waveguides 11, 12 for propagation in an approximately X- or Y-axis direction formed within the surface of the LnNbO<sub>3</sub> substrate in such a manner that the substrate surface is formed to the ridge shape. Namely, the optical waveguides 11, 12 extending in the y-axis direction are formed on the x-cut LnNbO<sub>3</sub> substrate 10 and a transducer 15 for generating SAW is formed thereon. A SAW absorber consisting of a resist is formed between the light input side of the LnNbO<sub>3</sub> substrate 10 and the transducer 15. The thin film 18 for the SAW waveguide consisting of the SiO<sub>2</sub> film having the refractive index lower than the refractive index of the LnNbO<sub>3</sub> substrate is formed on the waveguide behind the same. The SAW absorber 20 consisting of the resist is formed in front of an electrode and at the final point of the thin film 18 for the SAW waveguide.



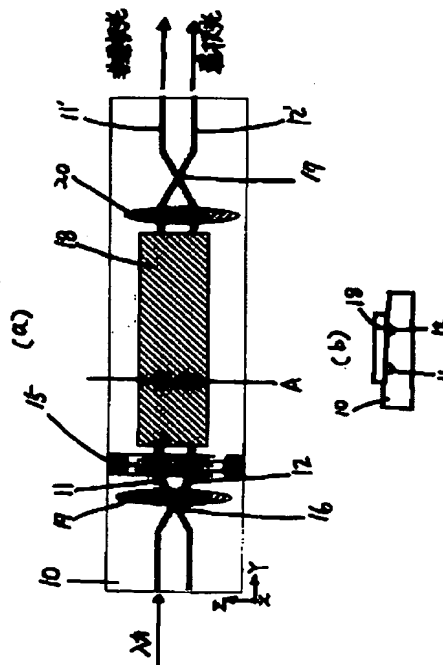
LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.07.2004  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11) 特許出願公開番号

(43) 公開日 平成11年(1999)3月5日



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】音響光学効果を有する基板と、

該基板表面内部に形成された概ね X または Y 軸方向に光が伝搬する光導波路と、

該基板に接して形成し弾性表面波を励起させるトランスデューサとにより該光導波路が該弾性表面波で該光導波路の屈折率楕円体の軸方位が傾き伝搬する該光の偏光がモード変換する光導波路デバイスにおいて、  
該基板の表面に薄膜を形成し該基板表面がリッジ構造としたことを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 2】請求項 1 記載の前記薄膜が、伝搬する光に対して透明でかつ屈折率が該導波路より小さい材料から形成されていることを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 3】請求項 1 記載の前記薄膜は  $\text{SiO}_2$  あるいは、 $\text{SiO}_2$  に金属酸化物が添加されていることを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 4】請求項 1 記載の薄膜が、酸化インジウムあるいは、酸化インジウムに金属酸化物が添加されていることを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 5】請求項 1 記載の薄膜は該基板を弾性表面波が伝搬する速度より早い速度で伝搬する材料としたことを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 6】請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に形成されるとともに、その上に誘電体膜あるいは金属膜を形成したことを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 7】請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に形成され、かつ、一部の厚さが異なるように構造したことを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 8】請求項 1 記載の該薄膜の中心線が、該光導波路を横切るあるいは光導波路に対して傾斜して形成したことを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 9】請求項 1 記載の薄膜は場所によって太さを変えて形成したことを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 10】請求項 1 記載の該薄膜が多段構造から成ることを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 11】請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に多段のリッジ構造で形成されるとともに、その上に誘電体膜あるいは金属膜を形成したことを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 12】請求項 1 記載の該トランスデューサと該薄膜は複数あり、該薄膜は該基板表面で交差していることを特長とする光導波路デバイス。

【請求項 13】音響光学効果を有する基板と、

該基板の表面に該基板の結晶軸の X 軸又は Y 軸方向に光が伝搬するように構成した光導波路と、

該基板表面に弾性表面波を励起させるトランスデューサと、

該光導波路上を伝搬する弾性表面波をガイドする薄膜を設け、

該薄膜は該基板を弾性表面波が伝搬する速度より早い速

度で伝搬する材料としたことを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 14】請求項 1 に記載の該光導波路デバイスに伝送路から伝送された波長多重した光信号を入力し、該トランスデューサより該光信号内の特定波長を出力するための弾性表面波を出力し、該波長多重した光信号内の特定波長を出力することを特徴とする光通信システム。

【請求項 15】請求項 14 に記載の光通信システムにおいて、該トランスデューサからの弾性表面波を断続的に与えることにより、該光信号を変調することを特徴とする光通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】（目次）

発明の属する技術分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

作用

発明の実施の形態

・（a）第 1 実施形態の説明（図 4、図 5、図 6、図 7、図 18）

・（b）第 2 実施形態の説明（図 7）

・（c）第 3 実施形態の説明（図 8）

・（d）第 4 実施形態の説明（図 9、図 10、図 11、図 12、図 13、図 14）

・（e）第 5 実施形態の説明（図 15）

・（f）第 6 実施形態の説明（図 16）

・（g）第 7 実施形態の説明（図 19）

発明の効果

## 【0002】

【発明の属する技術分野】近年、高度情報化社会の進展とともに膨大な情報量の処理が必要とされ、これらの情報を伝送する手段として光ファイバを用いた光通信システムが活用されている。この光通信システムでも変調速度の高速化によって年々伝送容量の増大が図られ、現在すでにギガビット／秒（Gb/s）以上の変調速度が実現されている。

【0003】しかし、今後増大が見込まれる画像等大容量の伝送を多く扱う伝送システムでは、テラビット／秒（Tb/s）以上の伝送容量を有するシステムが求められている。このようなシステムでは変調速度の増大だけでは伝送容量の要求を満足することはできず、光波長多重伝送システムが不可欠と考えられている。

【0004】この波長多重通信を実現する場合の重要な光回路構成部品として、光波長フィルタがある。このフィルタは多数の光源で発生した波長の異なる光を一本のファイバに合波したり、一本のファイバ中を伝搬して来た多数の波長の光を分波してそれぞれファイバやディテクタに導いたりするもので、光波長多重伝送システムのキーデバイスである。

【0005】特に、この分野ではシステムによって数波から100波程度の幅広い波長数の波長多重が期待されたり、波長間隔も1nm以下から数十nmと幅広い間隔が要求されたり、アクセス系システムへの適用では極めて低価格のフィルタの実現が求められるなどシステムによって種々多様な要求が成されている。特に、本発明の光導波路デバイスは、波長特性をチューナブルに制御できるチューナブル波長フィルタを実現でき、光多重通信線路における光アドドロップマルチプレクサ(ADM)や光クロスコネクタ、光交換などの通信システムで不可欠なデバイスである。

【0006】またこのデバイスは単一波長に注目すれば、スイッチや変調機能も有することとなり、多波長を同時にスイッチ、変調させるデバイスとしても重要である他、単一波長を用いた長距離通信でも、光増幅器によって発生するASE光を除去して受信感度を向上させるASE光除去用フィルタとしても重要である。さらに、近年情報処理や計測の分野にもこの波長多重技術を使う試みが成されており、本発明はこれらの分野でも重要である。

【0007】本発明はこのような波長多重システムにおける合分波器、スイッチ、変調器や波長特性を改善する部品としてチューニング特性、量産性、低価格などの特長を生かして、広範な光伝送、処理システムに対応できる光導波路技術を用いた光導波路デバイスに関するものである。

【0008】

【従来の技術】従来より弾性波と光を相互干渉させて機能するデバイスは多く存在する。図1はこの一例でx-yカットのLiNbO<sub>3</sub>基板上にTi金属を熱拡散させ、チャンネル導波路1、平面導波路2、導波路レンズ3を形成し、ここに表面弾性波(SAW)を励起させる櫛の歯状電極からなるトランスデューサ4が形成されている。

【0009】このデバイスでは、導波路レンズ3で平行光となった光がSAWの存在によって光弾性効果による屈折率グレーティングが発生し、このグレーティングによって光が回折し、SAWの周波数によって異なる方向に回折する。この回折した光をレンズ5により、集光すると回折した光がそれぞれ異なる点に焦点を結ぶことにより、光ディフレクタとして機能する。

【0010】図2は同じくSAWによる屈折率グレーティングを利用した従来例のデバイス(Photonics in Switching, Sendai, April 21-25, 1996)であるが、この場合にはYカットのLiNbO<sub>3</sub>基板6上に光導波路7、8が形成され、その上にSAWの導波路としてTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>などから成る薄膜9が形成されている。この場合には平行な光導波路7、8間でSAWによる屈折率グレーティングによって偶モードと奇モードの結合が起き、光導波路7に入射した光はSAWによる屈折率グレーティングに対応した特定の波長の光だけが光導波路8にスイッチする。

【0011】また、この例では、SAWを導波する薄膜9の幅および厚さが変えられてグレーティングに重み付けが設けられ、波長特性におけるサイドローブ低減が図られている。また、導波路を横切ってSAW導波路を形成することでこの重み付けがなされた例も知られている。

【0012】一方、図3は、SAWの周波数に対応する波長の光に対して導波路屈折率の主軸が回転し、伝搬光の偏光が回転させることで特定の波長の取り出しや変調を行う光導波路デバイスである。XカットのLiNbO<sub>3</sub>基板10上にTi拡散で構成した光導波路11、12が形成され、これを挟んでSAWを導波する領域13を形成するためにTiの深拡散領域14が形成されるとともにSAW用トランスデューサ15が形成されている。

【0013】入力光は交差型偏光ビームスプリッタ(交差型PBS)16によりTEモード光とTMモード光に分離されTEモード光は光導波路12にTMモード光は光導波路11に入射する。SAWと対応した波長の光は光導波路11の中でTMモード光からTEモード光に偏光が回転し、かつ、光導波路12ではTEモード光からTMモード光に偏光が回転する。

【0014】ここで、交差型PBS17で光導波路11のTMモード光は非選択光側にTEモード光の光は選択光側に出力され、光導波路12のTEモード光は非選択光側にTMモード光の光は選択光側に出力されることにより、特定の波長の取り出しや変調を行う光導波路デバイスである。ここで、吸収体19及び20はSAWの基板端面の反射を防止するためのSAW吸収体である。

【0015】この構成に於いては、Tiの深拡散領域14のSAW速度がTiの影響で早くなるため、Tiの深拡散領域14の間のSAW伝搬の速度が遅い領域13にSAWが閉じ込められて伝搬し、領域14がSAW導波路として機能する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】図1や図2に示した光導波路の偶モードと奇モード間での結合を利用したフィルタ、スイッチでは、TEモード光とTMモードそれぞれに対して独立にフィルタやスイッチングが実現できる状態が存在する。もしも、光導波路およびSAWの影響が完全に対称に形成あるいは生じている場合にはそのようなことが起きるが、一般に平面上に形成された光導波路ではTEモード光とTMモード光の伝搬定数は異なる。

【0017】また、接近した二つの光導波路間の結合の問題では、明らかにTEモード光とTMモード光のモード依存性が生ずる。このため、フィルタ特性又は、スイッチ特性に偏光状態の依存性が生ずることとなる。これは、光通信のように任意の偏光状態の光を制御しなければならぬデバイスとしては問題である。

【0018】図1及び図2の構成で、偏光無依存にする

ためには、入力光を偏光分離して、図 1 及び図 2 デバイスを 2 組用意しそれぞれの偏波に対応させる事も考えられるが、デバイスが二組必要に成り現実的でない。一方、図 3 に示す例の場合には、本来偏光を分離して TE から TM に、TM から TE に変換して動作するため、偏光依存性を除去することができるが、Ti の深拡散領域の形成に数十時間と多大な工数を必要とする他、第 2 図に示すように光導波路に交差して形成することができない。

【0019】この理由は、Ti の深拡散領域が同じ Ti 拡散で形成する光導波路をかき消してしまい構成することはできない。このため、交差構造によるフィルタ等の波長特性におけるサイドローブの低減ができない。さらに、Ti の深拡散による SAW 導波路では SAW に対する閉じ込め力が弱く、側に集積して SAW 導波路を形成することができない。

【0020】これらの三つの例が知られていると、当然、図 1 あるいは図 2 に示す薄膜を設置する方法で図 3 に示す TE/TM モード変換で動作するデバイスが予想されるが、これらの歴史は古いにも係わらず、これを実行した例は存在しなかった。SAW 導波路を形成するためには、その部分の音速を周囲に比較して遅くする必要があり、このためには直感的に音速の遅い物質を形成するべきと考えられる。

【0021】しかし、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{Al}_2\text{O}_3$  といったバッファ層に良く用いられる材料では、音速は 6000m/s 程度と早く、直感的には膜材料に適さないと考えられる。また、 $\text{LiNbO}_3$  の音速はその伝搬方向によって大きく異なり（約 3500~4000m/s）、選択された方位に適した音速の材料が必要となる。また、これらは導波路の上に形成されるため、透明で  $\text{LiNbO}_3$  よりも屈折率の小さい物質である必要がある。

【0022】さらに、TE/TM モード変換を引き起こすに十分な振幅の SAW の分布を  $\text{LiNbO}_3$  中に形成する必要がある。このような種々の条件を満足する薄膜の材質、厚さ、幅を計算等で推測、設計するのはかなり難しく、労力のいる作業である。さらに、TE/TM モード変換を行う基板に於いては、基板表面に異なる材料の膜が形成されると、表面状態が変化し、わずかな TE-TM モード変換を行う効果に支障をきたす懸念があるため、現在まで未検討であった。

【0023】このような理由からこれまで「薄膜で SAW をガイドし、TE/TM モード変換で動作するデバイス」が実現されなかったと考えられる。当然、図 1 や図 2 に示す z 軸方向に導波路が形成されたデバイスでは図 3 に示すような TE/TM モード変換の機能は実現できない。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記課題の解決は、

1. 音響光学効果を有する基板と、該基板表面内部に形

成された概ね X または Y 軸方向に光が伝搬する光導波路と、該基板に接して形成し弾性表面波を励起させるトランスデューサとにより該光導波路が該弾性表面波で該光導波路の屈折率楕円体の軸方位が傾き伝搬する該光の偏光がモード変換する光導波路デバイスにおいて、該基板の表面に薄膜を形成し該基板表面がリッジ構造としたことを特徴とする光導波路デバイスあるいは、

2. 請求項 1 記載の前記薄膜が、伝搬する光に対して透明でかつ屈折率が該導波路より小さい材料から形成されていることを特長とする光導波路デバイスあるいは、

3. 請求項 1 記載の前記薄膜は  $\text{SiO}_2$  あるいは、 $\text{SiO}_2$  に金属酸化物が添加されていることを特長とする光導波路デバイスあるいは、

4. 請求項 1 記載の薄膜が、酸化インジウムあるいは、酸化インジウムに金属酸化物が添加されていることを特長とする光導波路デバイスあるいは、

5. 請求項 1 記載の薄膜は該基板を弾性表面波が伝搬する速度より早い速度で伝搬する材料としたことを特徴とする光導波路デバイスあるいは、

6. 請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に形成されるときとも、その上に誘電体膜あるいは金属膜を形成したことを特長とする光導波路デバイスあるいは、

7. 請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に形成され、かつ、一部の厚さが異なるように構造したことを特長とする光導波路デバイスあるいは、

8. 請求項 1 記載の該薄膜の中心線が、該光導波路を横切るあるいは光導波路に対して傾斜して形成したことを特長とする光導波路デバイスあるいは、

9. 請求項 1 記載の薄膜は場所によって太さを変えて形成したことを特長とする光導波路デバイスあるいは、

10. 請求項 1 記載の該薄膜が多段構造から成ることを特長とする光導波路デバイス或いは、

11. 請求項 1 記載の該薄膜は該基板表面に多段のリッジ構造で形成されるときとも、その上に誘電体膜あるいは金属膜を形成したことを特長とする光導波路デバイスあるいは、12. 請求項 1 記載の該トランスデューサと該薄膜は複数あり、該薄膜は該基板表面で交差していることを特長とする光導波路デバイスあるいは、

13. 音響光学効果を有する基板と、該基板の表面に該基板の結晶軸の X 軸又は Y 軸方向に光が伝搬するように構成した光導波路と、該基板表面に弾性表面波を励起させるトランスデューサと、該光導波路上を伝搬する弾性表面波をガイドする薄膜を設け、該薄膜は該基板を弾性表面波が伝搬する速度より早い速度で伝搬する材料としたことを特徴とする光導波路デバイスあるいは、

14. 請求項 1 記載の該光導波路デバイスに伝送路から伝送された波長多重した光信号を入力し、該トランスデューサより該光信号内の特定波長を出力するための弾性表面波を出力し、該波長多重した光信号内の特定波長を

出力することを特徴とする光通信システムあるいは、  
15. 請求項 14 記載の光通信システムにおいて、該トランスデューサからの弾性表面波を断続的に与えることにより、該光信号を変調することを特徴とする光通信システム。

【0025】

【作用】LiNbO<sub>3</sub>基板表面内部に形成された概ねX または Y 軸方向に伝搬する光導波路と概ね同じ方向に基板表面がリッジ状になるよう、1 μm 弱程度の厚さのSiO<sub>2</sub>などの透明薄膜を形成するだけで、SAWを効果的にガイド

【0026】薄膜の音速と言うよりも、LiNbO<sub>3</sub>基板 10 の表面がリッジ型になるように膜を形成されている構成により、重さのある物が乗っている事による質量付加による閉じ込め効果、表状態変化の閉じ込め効果、膜その物のSAWの閉じ込め効果、などが関与し、SAWを閉じ込めていると考えられる。この構成で形成されたSAWガイドでは、光導波路に効果的なTE/TMモード変換に十分な結晶軸の回転を引き起こすことができる。

【0027】また、膜の厚さ、幅、材質の設計で従来と比較して、SAW導波路の閉じ込め力を大幅に強くできるとともに、導波路上にもSAW導波路を交差させたり、多段構成等により、SAWの強度分布、速度を幅方向、進行方向共に複雑に分布制御させることができ、TE/TMモード変換型SAWデバイスの設計性を広くでき、高機能化を実現しやすくした。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(a) 第1実施形態の説明

第4図(a)は本発明の第1実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図であり、x-cut LiNbO<sub>3</sub>基板 10 にy 軸方向に伸びる光導波路 11、12が形成され、この上にSAWを発生させる櫛の歯電極からなるトランスデューサ 15が形成されている。

【0029】LiNbO<sub>3</sub>基板 10 の光入力側とトランスデューサ 15 との間にレジストからなるSAW吸収体を形成されている。さらにその後方の導波路上に光学的に透明でLiNbO<sub>3</sub>基板よりも屈折率の低いSiO<sub>2</sub>膜からなるSAW導波路用の薄膜 18 が形成されている。さらに、電極の前方およびSAW導波路用の薄膜 18 の終点にレジストからなるSAW吸収体 20 が形成されている。

【0030】この図で上側の導波路に入射した光は交差型PBS 16でTEモード光とTMモード光に分離され、平行な導波路部を伝搬し、再び後方の交差型PBS 17で合波されて上側の出力導波路 11' から出射する。SAWの周波数に対応した波長は導波路 11、12間でモード変換が行われ、下側の出力導波路 12' より出力される。

【0031】この導波路 11、11'、12、12' は

例えば約0.1 μm の厚さで幅7 μmのTi金属膜を1000℃で10時間熱拡散して得られる。一方、トランスデューサ 15は長さ140 μm で約20 μm 周期で15対の櫛の歯電極から形成されており、この電極に約175 MHz の高周波電力を印加することでLiNbO<sub>3</sub>基板表面 10 にSAWが発生し、このSAWに対応する波長の光約 1.54 μm の光が選択的にTE/TMモード変換を受ける。

【0032】しかしながら、トランスデューサ 15で発生したSAWはこれをガイドする機構が無いとすぐに拡散して広がってしまう。この対策として設けられた物がSiO<sub>2</sub>膜からなるSAW導波路用薄膜で、ここでは幅120 μm、厚さ 0.5 μm、長さ30mmに形成してある。図4(b)に図4(a)のAの位置でLiNbO<sub>3</sub>をカットした場合の断面図を示し図4(a)と同一番号は同一部材である。

【0033】図4の構成でフィルタ特性を評価したところ、図5に示すような結果が得られた。この半値幅0.82 μm は理論計算から求められた計算結果と良く一致していた。さらに、SAW吸収体の位置をSAW導波路用薄膜で手前に移動し、半値幅や電力を評価した所、30~40 mmのSAW導波路用薄膜ではSAWの減衰は観測されなかった。

【0034】さらに、SAW導波路用薄膜の幅180 μm の物についてそのSAW強度分布を導波路を相対的にSAW導波路用薄膜から少しづつずらした物を作製し評価した所、図6に示すようなきれいなガウス分布となっており、このSAW導波路用中にきれいな基本モードのSAWが伝搬していることを確認した。多数のサンプルに対して評価した結果、ガイド幅が30~250 μm でいずれも良好なガイドとなっていることを確認することができた。

【0035】また、このSAW導波路用薄膜材料としてSiO<sub>2</sub>膜に酸化インジウムを添加したところ、SAWに対する閉じ込め効果が増加した。100%の酸化インジウムの場合にも良好なSAW導波路はできていたが、この場合には、多少光が薄膜に吸収された。また酸化ズや酸化チタンなど他の透明な金属酸化物を添加した場合にも同様に閉じ込め力は増加した。

【0036】また、酸化インジウムが主体となっている物に金属酸化物を添加しても同様に有効であった。このように幅広い材料物質でガイドが実現できた理由は、薄膜の音速と言うよりも、LiNbO<sub>3</sub>基板 10 の表面がリッジ型になるように膜を形成されていることによるSAWの閉じ込め効果、重さのある物が乗っていることによる質量付加による閉じ込め効果、表面状態が変化することによる閉じ込め効果などが関与していると考えられる。

【0037】一般に、SAWの伝搬速度を決める要素は基板上に設けた物質の硬さと重さに影響され図 17 の表にあるように振り分けられる。従って、基板より硬くSAWの伝搬速度が早い薄膜をリッジ状に構成することに

より、リッジ状に構成した部分の質量付加による伝搬速度の低下が基板に生じ、SAWの閉じ込めが生じる効果が強く影響しているものと考えられる。

【0038】図2の従来例と図4の実施例のSAWの伝搬のパワー分布の比較を図18に示す。図18(a)は図2の構成を示し、薄膜の硬さの影響により薄膜自体をSAWが伝搬するしている。これに対して、図18

(b)は図4の構成を示し、薄膜の質量効果や表面状態の変化により基板そのものの伝搬速度が変化しSAWが基板の内部に閉じ込められていると考える。このような事実は実際に実験によって調べることで見いだすことができた物である。

【0039】図1の実施例ではXカットのLiNbO<sub>3</sub>基板を例として上げたが、これは、SAWの励起効率が最も高いため、代表例として説明したが、ZカットのLiNbO<sub>3</sub>基板でも、TE/TMモード変換は生じる。ZカットのLiNbO<sub>3</sub>基板の場合は、光導波路の光が伝搬する方向にX軸又はY軸の何方の軸でも、TE/TMモード変換は生じる。

【0040】(b)第2実施形態の説明

図7は本発明の第2実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図であり図4と同一部材は同一番号で示す。LiNbO<sub>3</sub>基板10上に光導波路11、12を覆って導波路11、12よりも屈折率の小さく、透明な透明な薄膜22が形成されている。

【0041】本例では薄膜22はトランスデューサ15の後方全面を覆うように構成している。この上に所望のSAW導波路形状に金属膜21が形成された構成となっている。一例として透明な薄膜22として厚さ0.4 μmのSiO<sub>2</sub>膜を選び、この上に厚さ0.3 μmの金製の金属膜21を形成した所、良好なSAW導波路を実現することができた。

【0042】金属の場合、一般にLiNbO<sub>3</sub>よりも音速が遅く、かつ重いので質量付加効果もあり、有効である。さらに、この場合には図4の如くSiO<sub>2</sub>膜のパターン化によるリッジ構造が行われていないため、LiNbO<sub>3</sub>基板10とSiO<sub>2</sub>膜の薄膜22との間のエッジ部におけるLiNbO<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>膜のストレスによる不均一歪みも無い。

【0043】また、金はやわらかいため、ストレスに与える影響は小さい。また、下地のSiO<sub>2</sub>膜がパターン化されている場合には、エッジ部のストレスの問題はあるが、SiO<sub>2</sub>膜がパターン化されてない場合に比べ一層閉じ込め力は強くなり、SAWの閉じ込めに関しては極めて有効である。

(c)第3実施形態の説明

図8は本発明の第3実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図であり図4と同一部材は同一番号で示す。

【0044】前述のように透明の薄膜のパターン化によって生ずるストレスを避けるため、図示のように透明の薄膜22が周囲を残してリッジ型に形成されている。こ

の場合、材質をSiO<sub>2</sub>膜に選び、残された部分23の厚さを0.3 μm、リッジの高さを0.5 μmとした所、図7と同様に良好なSAW導波路が作製できていることを確認した。(d)第4実施形態の説明

図9は本発明の第4実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図であり図4と同一部材は同一番号で示す。

【0045】薄膜18からなるSAW導波路が光導波路11、12をよぎって形成されている。この場合には、TE/TMのモード変換が光導波路の進行方向に対してガウス分布的な重み付けが成されることとなり、フィルタ特性におけるサイドローブ低減が実現できる。第10図はこの1例で、薄膜18の材料としてSiO<sub>2</sub>にInSnを60重量%添加した物を用い、幅120 μm、厚さ0.4 μm、傾き0.5度でSAW導波路を形成した場合の測定結果である。

【0046】このような重み付けが実現できるのも、本発明のように膜を形成するだけでSAW導波路が実現できることによる。また、ガウス分布的な重み付けを行う手段としては、図11に示すように、SAW導波路を構成する薄膜27の幅を場所によって太さを変える構成とすることで、その重み付けに自由度がまし、よりガウス分布に近く、あるいはさらに良好な分布曲線に近づけることができる。

【0047】さらに、その変形として、図12の構成がある。図12に於いて図4と同一部材は同一番号で示す。図12においては、SAW導波路を構成する薄膜26の中心線を直線ではなく曲線で構成することによって自由度を増加させ、より良好なSAW強度の分布を実現できる。

【0048】また、さらに、その変形として図13の構成がある。図13に於いて図4と同一部材は同一番号で示す。図13では、薄膜25を多段のリッジ構造とすることで、SAW導波路を構成し、SAW強度の分布を実現する。この場合、最下層は透明膜でパターン化されており、その上に金属膜がパターン化される構成も有効である。

【0049】さらに、同様の実施例として、図14を示す。図14に於いて図4と同一部材は同一番号で示す。図14では、薄膜28が図13と同様の多段リッジ構成に成っている。ここで、薄膜28の上部は、下地のパターンに対して菱形に形成されており、光導波路11、12の進行方向に対して、LiNbO<sub>3</sub>基板11側面方向に広がるため、より良好なSAWの強度分布を実現することが出来る。

【0050】図13及び図14において、多段構成された薄膜の最上段の部分を金属で形成するとより効果的である。

(e)第5実施形態の説明

第15図は本発明の第5実施形態にかかる光デバイスの構成を示す模試図であり、SAW導波路を構成する薄膜

24, 25 に対して、それぞれトランスデューサ 15-1, 15-2 が接続される。

【0051】薄膜 24, 25 は LiNbO<sub>3</sub> 基板上中央部で交差して SAW 導波路を形成している。この例のように複数のトランスデューサ 15-1, 15-2 を設けた構成では最適な SAW 発振を実現できる波長をトランスデューサ 15-1, 15-2 ごとに少し変えることで幅広い周波数に対して効率良く SAW を発生できる利点を有する。

【0052】この場合、薄膜 24, 25 の中央部は重なって一つの SAW 導波路である場合と、分岐し複数の SAW 導波路の構成と成っている。重なっている部分の SAW 導波路は合流する時に、SAW に大きな損失を生ずるが、中央部では入射方向に依らない特性を実現できる。また、図 15 の場合には導波路に対しても対称構造となっているため、分岐した部分についてはそれぞれの導波路を伝搬する光はどちらからの SAW に対しても、等価な影響を受ける。

【0053】またこの例、ではトランスデューサを分散して形成できる利点があり、発熱の緩和や SAW 同士の相互干渉の緩和などに効果がある。このような構成も本発明による SAW 導波路を用いることで容易に実現できる。

#### (f) 第 6 実施形態の説明

図 16 に示す実施例は、光導波路 11 一つで構成されており、TE/TM モード変換を行うものである。

【0054】この構成の構成においても、SAW をガイドする薄膜 18 を設け、SAW を閉じ込めることが可能である。図 16 の薄膜 18 の構成は図 7, 図 8, 図 9, 図 11, 図 12, 図 13, 図 14, 図 15 の薄膜によるリッジ構造を適用することができる。

#### (g) 第 7 実施形態の説明

図 19 は第 7 の実施形態を示す。

【0055】図 19 には伝送路である光ファイバ 31 から送れてきた、波長多重した光信号を入力し、この入力信号の特定の波長  $\lambda$  の信号に対応する SAW をトランスデューサ 15 により発生させ、薄膜 18 によらずトランスデューサ 15 で発生した SAW を基板内部にとじこめ、光導波路 11, 12 を回折させ特定波長  $\lambda$  の波を回転させることで、特定波長の光信号を光ファイバ 32 へ取り出すことができる。

【0056】さらに、トランスデューサ 15 より出力する SAW を断続的に与えることにより、取り出した特定波長の光を光変調を行うことができる。

#### 【0057】

【発明の効果】本発明によれば、LiNbO<sub>3</sub> 基板表面内部に形成された概ね X または Y 軸方向に伝搬する光導波路と該基板に接して形成された LiNbO<sub>3</sub> 基板のピエゾ効果を利用した弾性表面波を励起させるトランスデューサと励起された弾性表面波をガイドする弾性表面波用導波路とか

ら構成されるとともに、この光導波路が弾性表面波の存在によってその屈折率楕円体の軸方位が傾く効果を有し、これを利用した偏光のモード変換を用いて機能する TE/TM モード変換型導波路デバイスにおいて、LiNbO<sub>3</sub> 基板上にチャンネル化して薄膜を形成することで効率的な SAW 導波路を実現でき、その膜材料の選択、幅、厚さ、形状、多段構成および複数の SAW 導波路入出力部などにより、フィルタ特性の制御に対する設計の自由度を飛躍的に広げることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】従来よりの光デバイスの構成を示す図である。

【図 2】従来よりの光デバイスの構成を示す模式図である。

【図 3】従来よりの光デバイスの構成を示す模式図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す模式図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態にかかる光デバイスのフィルタ特性を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 実施形態にかかる光デバイスの SAW 導波路幅方向の SAW 強度分布を示す図である。

【図 7】本発明の第 2 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す模式図である。

【図 9】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す模式図である。

【図 10】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスのフィルタ特性を示す図である。

【図 11】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 12】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 13】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 14】本発明の第 4 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 15】本発明の第 5 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 16】本発明の第 6 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

【図 17】SAW の伝搬速度を決める要素の表である。

【図 18】従来例と実施例の SAW の伝搬のパワー分布の比較を示す図である。

【図 19】本発明の第 7 実施形態にかかる光デバイスの構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

10. LiNbO<sub>3</sub> 基板

11, 11', 12, 12' は光導波路

15. トランスデューサ

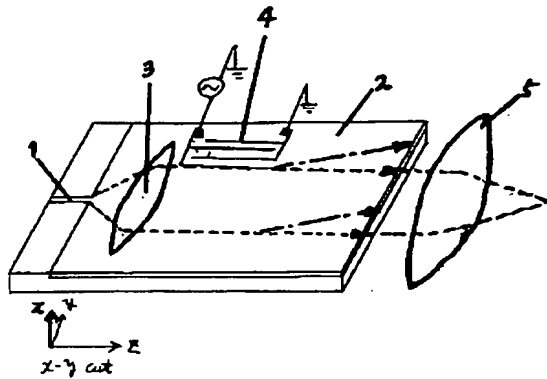


13

16. 17. 交差型PBS

18. 薄膜

【図1】



14

19. 20. 吸収体

21. 金属膜

【図2】

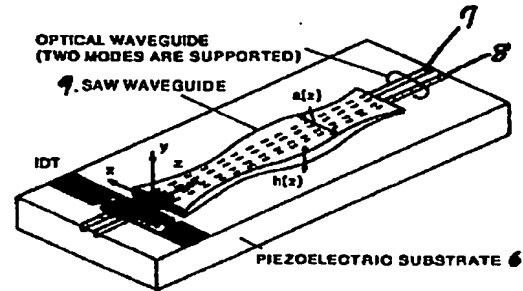
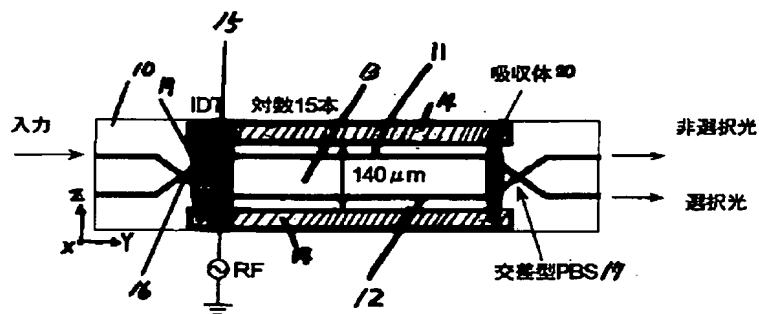


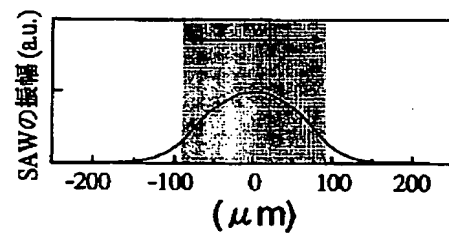
Fig.4 Collinear AO module with an inhomogeneous SAW waveguide.

Photonics in Switching, Sendai, April 21-25, 1996

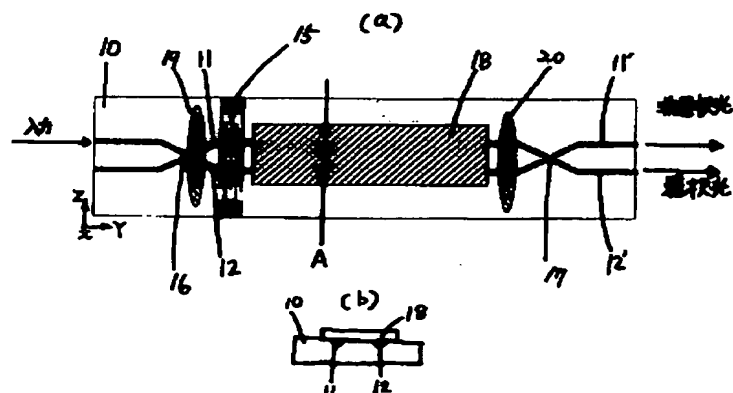
【図3】



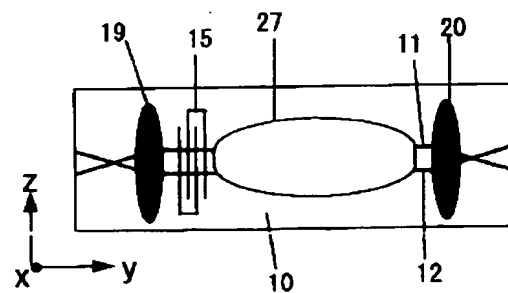
【図6】



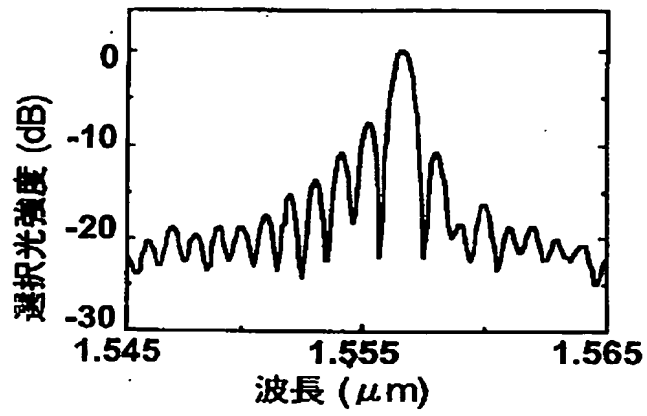
【図4】



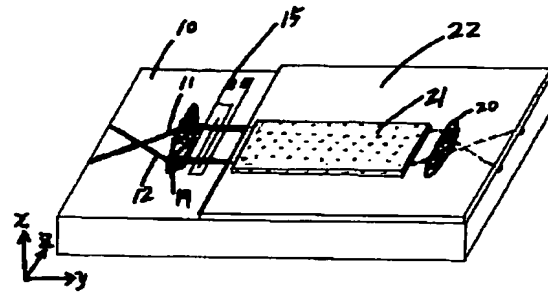
【図11】



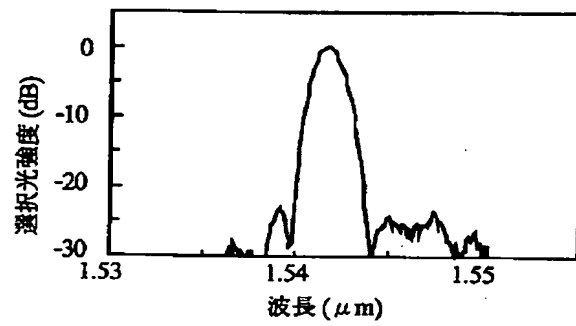
【図 5】



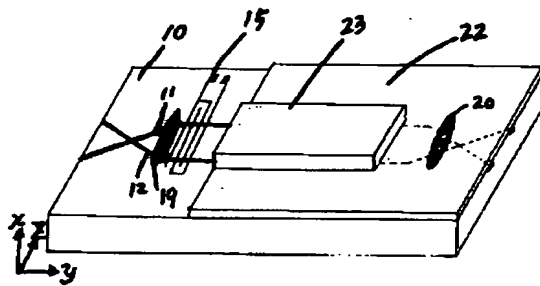
【図 7】



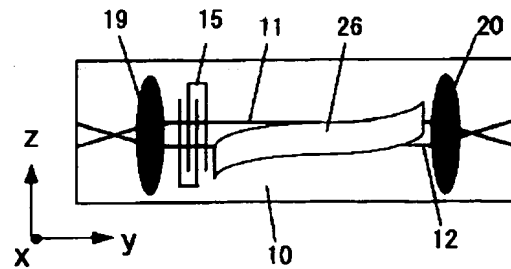
【図 10】



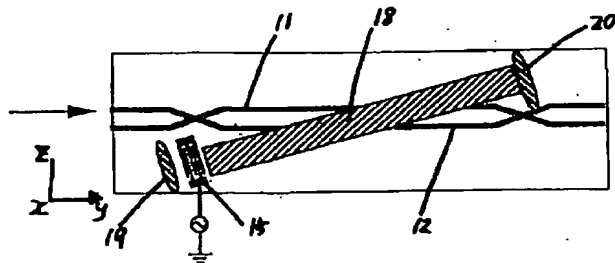
【図 8】



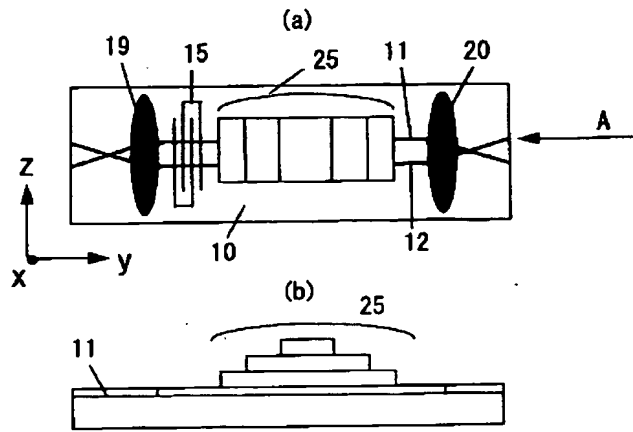
【図 12】



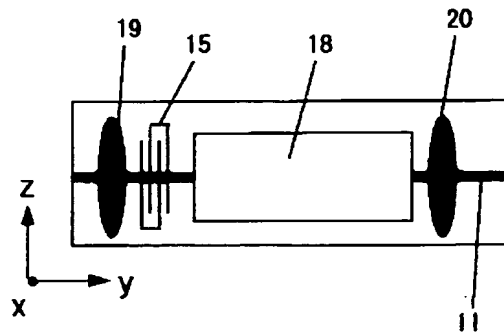
【図 9】



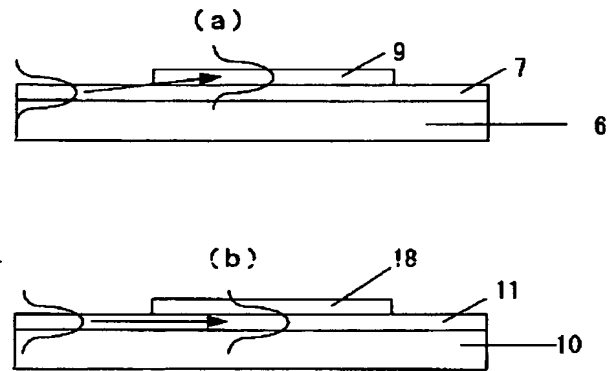
【図 1 3】



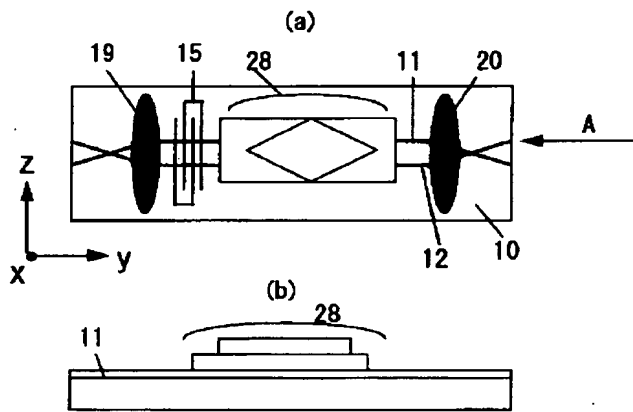
【図 1 6】



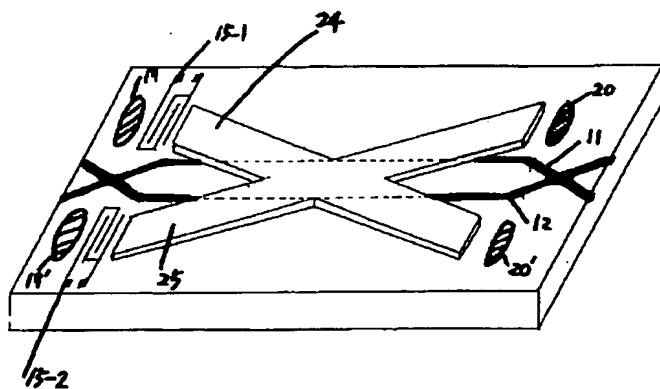
【図 1 8】



【図 1 4】



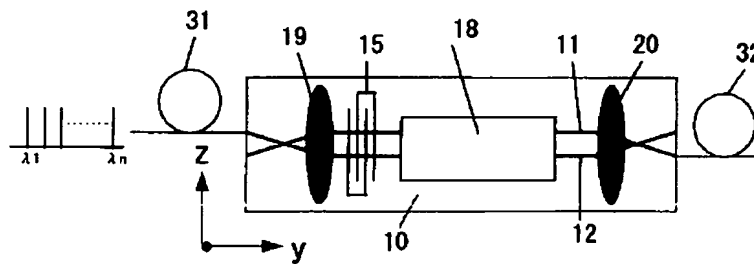
【図 1 5】



【図 1 7】

	SAWの伝搬が速くなる	SAWの伝搬が遅くなる
基板に対する硬さ	硬い	柔らかい
重量	軽い	重い

【図 1 9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**